

# PENINGKATAN DAYA KELUARAN SEL SURYA DENGAN PENJEJAK MATAHARI DAN PEMANTULAN CAHAYA MATAHARI SEBAGAI SUMBER DAYA PENDUKUNG PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PLN)

## SUB JUDUL: PENJEJAK MATAHARI BERBASIS SENSOR CAHAYA DAN WAKTU

Danang Susilo<sup>#1</sup>, Rusminto Tj.W.,S.T., Dr.Eng<sup>#2</sup>, Agus Indra G., S.T., M.Sc.<sup>#3</sup>

<sup>#</sup>Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

<sup>1</sup>danang.susilo88@gmail.com

<sup>2</sup>widodo@eepis-its.edu

<sup>3</sup>Agus\_ig@eepis-its.edu

### ABSTRAK

### ABSTRAK

Kebutuhan akan sumber tenaga listrik alternatif sangat dibutuhkan ketika cadangan Bahan Bakar Minyak (BBM) dunia semakin menipis. Dalam upaya tersebut dibutuhkan sumber energi yang tidak terbatas seperti tenaga matahari. Piranti yang dapat digunakan untuk mengubah energi tersebut adalah panel surya atau *solar cell*. Efisiensi dari sel surya terbilang rendah antara 18-22% saat mendapatkan energi maksimal dari matahari, sehingga untuk menambahkan nilai effisiensinya dibutuhkan piranti pemantul. Sedangkan untuk menjaga agar sel surya mendapat cahaya yang maksimal dibutuhkan perangkat penjejak matahari.

Jenis penjejak yang digunakan adalah penjejak aktif. Penjejak aktif adalah penjejak yang bekerja berdasarkan kordinasi antara mikroprosessor dengan sensor yang berbasis elektro optikal atau berbasis waktu. Terkadang kombinasi dari ketiga komponen tersebut.

Dengan terintegrasinya sistem ini, maka peningkatan daya yang dihasilkan rata-rata sebesar 17.93%.

**Kata kunci :** Penjejak matahari, *Maximum power point tracking*, panel surya.

### ABSTRACT

*The need for alternative sources of electric power is needed when reserves Fuel, the world is getting thinner. In these efforts need an unlimited source of energy such as solar energy. Appliances that can be used to change energy is solar panels or solar cell. The efficiency of solar cells of low numbered between 18-22% while getting maximum energy from the sun, so to add value of the efficiency its required reflector device. Meanwhile, to keep the solar cells receive the maximum light of the sun tracking device required.*

*Type tracker used was an active tracker. Active tracker is a tracker that works with coordination between the microprocessor-based electro-optical sensors or time-based. Sometimes a combination of all three components.*

*With the integration of this system, the increase in power produced by an average of 17.93%.*

**Keywords:** *solar tracker, Maximum power point tracking, solar panel.*

### I PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik maka dibutuhkan pula sumber energi listrik alternatif selain dari PLN. Sementara itu, banyak pemadaman dilakukan di daerah-daerah secara bergilir. Ini dilakukan karena suplai energi listrik dari PLN sering mencapai beban penuh. Pembangkit listrik yang ada tidak mencukupi walaupun sudah melakukan kerja parallel [1]. Dengan realita tersebut maka pengembangan listrik tenaga surya yang berbasis kepada efek *photovoltaic* dari piranti *solar cell* sebagai salah satu sumber tenaga listrik yang murah, bebas polusi, dan alami menjadi suatu pilihan yang tepat. Namun realita yang ada sekarang ini penggunaan *solar cell* sebagai sumber listrik masih sangat minim dan belum bisa diandalkan sebagai suatu sumber tenaga alternatif yang dapat mengganti tenaga listrik[3].

Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kemampuan *solar cell* yang belum optimal dalam menghasilkan tenaga listrik, proses pembuatan sel yang memerlukan operasi pembiayaan yang mahal, apalagi jika sel tersebut masih harus diimpor. Teknologi *solar cell* merupakan salah satu jenis teknologi masa depan yang hingga kini para peneliti dari berbagai negara berlomba-lomba untuk memperoleh piranti *solar cell* yang murah dengan kualitas yang rasional serta dapat dijadikan produk industri yang dapat dipasarkan.

Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan

bumi sebesar 69 persen dari total energi pancaran matahari. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule pertahun, energi ini setara dengan  $2 \times 10^{17}$  Watt. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1 persen saja permukaan bumi dengan *solar cell* yang memiliki efisiensi 10 persen sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini [4].

*Solar cell* dibagi bermacam-macam menurut dayanya antara lain yang dijual di pasaran yaitu 10Wp, 20Wp, 30Wp, 40Wp, dll tergantung dari berapa besar daya yang diperlukan sesuai dengan kebutuhannya.

*Real Time Clock (RTC)* adalah salah satu alat untuk penghitung waktu sesuai dengan waktu pada saat itu. RTC ini digunakan sebagai jam digital yang dikonfigurasi dengan mikrokontroller. Sehingga penjejak bisa menentukan arah matahari jika sensor-sensornya tidak mendeteksi cahaya matahari, misalnya saat cuaca berawan atau hujan.

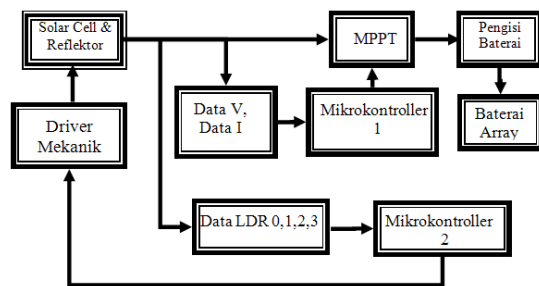
Dengan metode *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* diharapkan daya output akan selalu pada kondisi maksimal. Metode ini adalah metode yang memanfaatkan sifat penyimpanan muatan sebuah induktor.

Dengan metode-metode ini diharapkan daya yang dihasilkan selalu pada kondisi maksimal, agar nilai efisiensi *solar cell* yang rendah dapat dimanfaatkan secara maksimal.

## II PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PERANGKAT LUNAK

### II.1 KONFIGURASI SISTEM

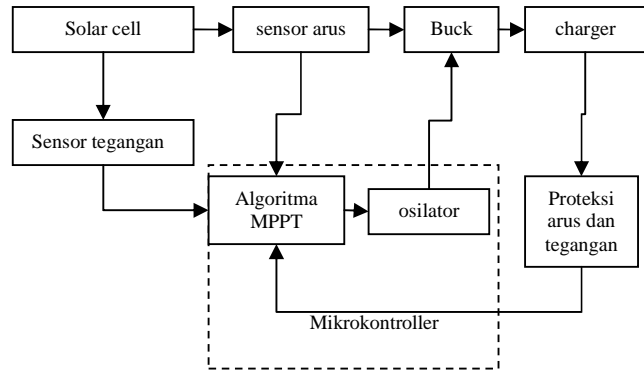
Secara garis besar blok sistem akan ditunjukkan pada gambar 3.1. yang terlihat dibawah ini.



Gambar 1. Perancangan sistem

Blok diagram dari sistem elektrik ditunjukkan pada gambar 3.2. Daya keluaran dari *solar cell* DC akan dibaca sensor baik tegangan dan arusnya. Kemudian data dari pembacaan tadi akan diolah oleh algoritma *maximum*

*power point tracking* untuk dijadikan acuan dalam mengatur lebar *pulse width modulation (pwm)*. Sedangkan *output solar cell* akan di inputkan ke rangkaian Buck Converter yang tegangan *outputnya* diatur oleh pwm dari mikrokontroller tadi. Tegangan *output* dari *buck converter* tadi akan dialirkan ke rangkaian pengisian baterai sebelum diisikan ke baterai.



Gambar 2. Perancangan sistem elektrik.

## III PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dimaksudkan untuk mendapatkan evaluasi terhadap rangkaian, agar diperoleh kinerja yang lebih baik. Kinerja yang lebih baik didapatkan dengan melakukan perbaikan terhadap komposisi rangkaian yang mengalami kekeliruan yang diketahui saat melakukan pengujian.

### 3.1. Pengujian panel surya

Pada tugas akhir ini panel surya yang dipergunakan adalah panel surya BP246SR.

Pengujian panel surya merupakan pengujian awal secara hardware, dimulai dari pengukuran tegangan keluaran panel surya pada pukul 07.00 hingga 16.00. Pengukuran  $V_{short}$  dilakukan dengan hambatan resistor 20W10ΩJ.

Tabel 3.1 Hasil pengukuran panel surya.

Jam	V lurus	V tracking
7 .00	19	19.5
7 .30	19	19.5
8 .00	19	19
8 .30	19	19.5
9 .00	18.5	19
9 .30	18.5	18.7
10 .00	18.5	18.7
10 .30	18.7	18.9
11 .00	18.5	18.5
11 .30	18.5	18.5

12.00	18.5	18.5
12.30	18.5	18.5
13.00	18.7	18.7
13.30	18.7	19
14.00	18.7	19
14.30	19	19
15.00	18.7	19
15.30	19	19.5
16.00	19	19.5
16.30	18.5	19.5
17.00	17	17

### 3.2. Pengujian PWM

Pengujian PWM dilakukan pada output sinyal dari keluaran sinyal pulsa dengan pembangkit mikrokontroler.

Bentuk sinyal pulsa PWM dari pembangkit mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 4.3. Untuk mendapatkan sinyal pulsa PWM dengan frekwensi switching 25KHz dan duty cycle 0,823, maka dilakukan pemrograman pada CodeAVR sebagai berikut:

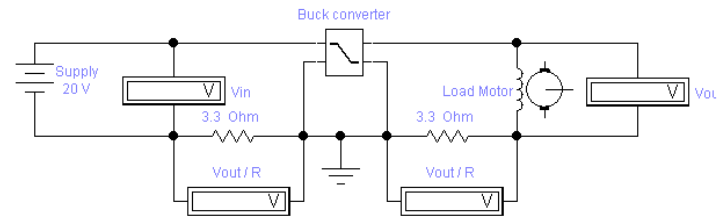
1. Output sinyal pulsa PWM dari mikrokontroler pada PORTC.4.
2. Untuk mendapatkan frekwensi switching 25 KHz, maka setting timer1 adalah.  
frekwensi switching buck converter (f) = 25 KHz  
periode switching buck converter (T) = 40 us  
frekwensi clock value pada timer1 = 11059,200KHz  
periode clock value pada timer1 = 0,09 us  
nilai OCR1B =  $\frac{40\mu s}{0,09\mu s} = 444$   
nilai hexadesimal dari 444 adalah 01BC  
OCR1BH diisi 0X01  
OCR1BL diisi 0XBC
3. Untuk mendapatka duty cycle sebesar 0,823, maka nilai OCR1A adalah  
OCR1A = 0,823 x 444 = 364  
nilai hexadesimal dari 364 adalah 016C  
OCR1AH diisi 0X01  
OCR1AL diisi 0X6C

Pulsa sinyal keluaran dari mikrokontoler akan digunakan sebagai penyulut mosfet rangkaian buck konverter. Untuk mengamankan rangkaian mikrokontrpler dari arus balik buck converter maka digunakan rangkaian optocoupler sebagai rangkaian isolasi dan untuk meminimalkan power losses digunakan rangkaian totempole.

### 3.3. Pengujian rangkaian buck converter

Pengujian Buck Converter

Blok diagram pengujian:



Gambar 3. Skematik pengujian Rangkaian.

Pengukuran arus dilakukan dengan memasang resistor 3,3 ohm untuk mengkonversi tengangan ke arus dengan persamaan  $I = V/R$ .

Tabel Pengukuran

PWM (%)	V in (V)	Iin (mA)	Vout (V)	Iout (mA)	Daya In (mW)	Daya Out(mW)	Efisiensi (%)
0	20	0	0	0	0	0	-
20	20	13	3.90	39.4	260	153	58.8
40	20	23.6	7.92	43.0	472	340	72.0
60	20	34.5	12.25	46.0	690	563	81.6
80	20	49.4	17.77	51.8	988	920	93.1

### 3.4. Pengujian rangkaian battery charger

Pengujian rangkaian battery charger dilakukan dengan penggunaan power supply sebagai tegangan sumber. Battery charger akan bekerja jika tegangan input lebih dari 14 Volt. Jika level tegangan telah tercapai, arus pengisian akan turun hingga level arus yang aman.

Pengujian pertama battery charger dilakukan pukul 11.02, dengan menggunakan resistor 20Watt20ΩJ. dengan hasil pengukuran :

Tegangan pengisian : 12.3 Volt

Arus pengisian : 0,94 Ampere

Pengujian berikutnya dengan aki 12 Volt 12 Ah dengan hasil :

Tegangan pengisian : 12.3 Volt

Arus pengisian : 0,32 Ampere

Sehingga lamanya waktu pengisian adalah :

$$T_{\text{isi}} = \frac{Ah}{A} = \frac{12}{0,32} = 37.5 \text{ jam}$$

### 3.5. Pengujian Sistem Maximum Power Point Tracking

Pada pengujian sistem *maximum power point tracking* dilakukan pengujian karakteristik daya pada panel surya. Dari data pengujian karakteristik ini akan digunakan sebagai pembanding dari sistem yang di buat. Data ini sangat penting untuk melakukan evaluasi pada sistem, apakah sistem yang dibuat mampu mendapatkan daya maksimum dari panel surya.

Cara kerja dari algoritma *maximum power point tracking* ini adalah dengan memanfaatkan daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya. Pertama dilakukan inisialisasi daya awal panel surya adalah 0 Watt. Kemudian tegangan keluaran panel surya diatur agar melebihi

tegangan pengisian baterai yaitu di atas 12 Volt. Jika tegangan minimum 12 Volt tersebut terpenuhi, maka langkah selanjutnya adalah mengukur tegangan dan arus dari panel surya dengan menggunakan rangkaian pengkondisian sinyal agar terbaca oleh mikrokontroller, dari data tegangan dan arus tersebut diolah oleh mikrokontroller agar didapatkan daya dari panel surya dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{new} = V \times I \quad (4.1)$$

Dimana:

$P_{new}$  = Daya panel surya (Watt),  
 $V$  = Tegangan panel surya (V), dan  
 $I$  = Arus Panel surya (A).

Setelah pengukuran daya tersebut, langkah selanjutnya adalah membandingkan daya sekarang dengan daya sebelumnya. Jika daya terukur lebih besar dari daya sebelumnya, kemudian diukur juga tegangan keluaran dari *buck converter*, apakah lebih besar dari tegangan keluaran sebelumnya. Jika lebih besar maka tegangan keluaran akan dinaikkan lagi dengan menambah *slope duty cycle* pada input PWM mosfet. Jika tegangan keluaran lebih kecil dari tegangan keluaran sebelumnya, maka tegangan keluaran akan diturunkan lagi dengan mengurangi *slope duty cycle* pada input PWM mosfet.

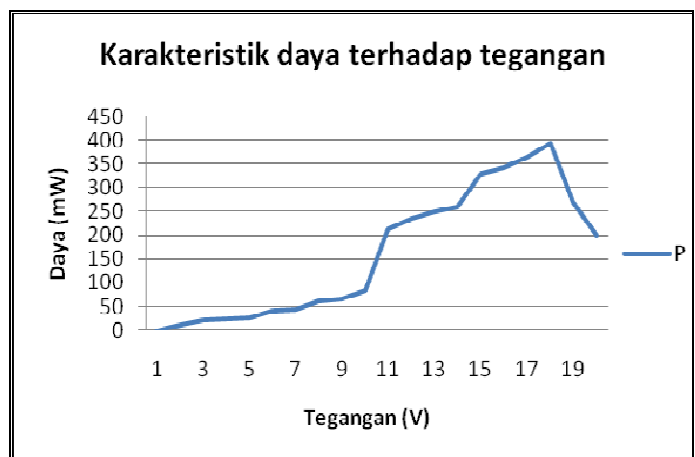
Dan jika daya terukur lebih kecil dari daya sebelumnya, kemudian diukur juga tegangan keluaran dari *buck converter*, apakah lebih besar dari tegangan keluaran sebelumnya. Jika lebih besar maka tegangan keluaran akan diturunkan lagi dengan mengurangi *slope duty cycle* pada input PWM mosfet. Jika tegangan keluaran lebih kecil dari tegangan keluaran sebelumnya, maka tegangan keluaran akan dinaikkan lagi dengan menambah *slope duty cycle* pada input PWM mosfet.

Dengan menggunakan langkah-langkah di atas, maka daya maksimum dari panel surya dapat didistribusikan ke beban, sehingga diharapkan mengurangi daya yang hilang. Berikut adalah data karakteristik tegangan output dari *buck converter* terhadap daya panel surya.

Tabel 4.3. Pengukuran pada tanggal 23-7-2010 pukul 9.07-9.15 dengan beban resistor 1 k $\Omega$ .

V out (V)	I in (mA)	Vin (V)	P in (mW)
0	0	19.3	0
0.55	0.06	19.3	1.158
1.52	0.6	19.3	11.58
2.42	1.2	19.3	23.16
3.25	1.3	19.3	25.09
4.52	1.4	19.3	27.02
5.2	2.2	19.3	42.46
6.41	2.3	19.3	44.39

7.22	3.2	19.3	61.76
8.43	3.5	19.3	67.55
9.20	4.4	19.3	84.92
10.38	11.11	19.3	214.423
11.50	12.3	19.3	237.39
12.48	13	19.3	250.9
13.58	13.6	19.3	262.48
14.65	17.2	19.3	331.96
15.00	17.8	19.3	343.54
16.23	18.9	19.3	364.77
17.54	20.5	19.3	395.65
18.12	14	19.3	270.2
19.28	10.4	19.3	200.72



Gambar 4.10. Karakteristik Daya dari Panel Surya.

Dari gambar dan tabel di atas, bisa terlihat daya maksimum dicapai pada tegangan 17.54 V. Sedangkan pengujian menggunakan algoritma *maximum power point tracking*, daya maksimal dicapai saat tegangan 18.02V atau saat tegangan mencapai 93.3% dari tegangan *open circuit*.

Dengan demikian, algoritma *maximum power point tracking* yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Dari gambar terlihat bahwa daya pada saat tegangan keluaran kurang dari 10 Volt sangat kecil. Hal ini dikarenakan induktor yang digunakan sengaja dibuat untuk tegangan dengan *range* 10 Volt. Dengan pertimbangan tegangan keluaran sistem MPPT harus melebihi tegangan pengisian baterai, agar ada arus yang mengalir ke baterai.

### 3.6. Pengujian Penjejak Matahari

Pada pengujian penjejak matahari ini, pergerakan penjejukan diatur oleh fuzzy logic controller dengan sensor masukan *ldr0* dan *ldr1*. Yang akan diolah oleh *fuzzy logic controller* untuk menggerakkan motor dc. Motor dc akan memutar ulir dengan 3 kondisi yaitu:

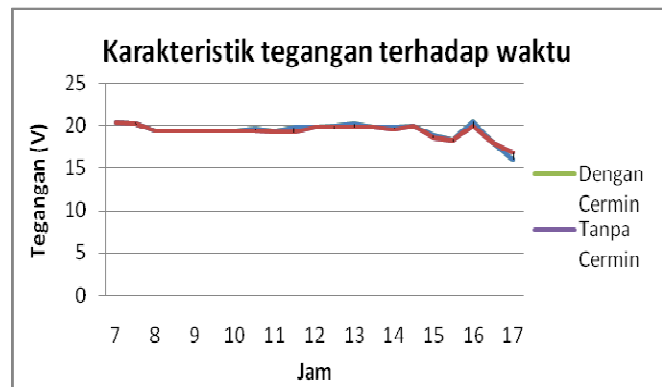
1. Putar searah jarum jam (*clock wise*) yang akan menggerakkan mekanik ulir ke atas (UP).
2. Diam sehingga mekanik tidak akan bergerak dan akan mempertahankan kondisinya.
3. Putar berlawanan jarum jam (*counter clock wise*) yang akan menggerakkan mekanik ulir ke bawah (DOWN).

Metode pengukuran dalam pengujian alat keseluruhan ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan *open circuit* (Voc) dan arus *short circuit* (Isc). Parameter tersebut diukur dengan dua kondisi pengukuran, yaitu dengan menggunakan cermin dan tanpa menggunakan cermin. Pengukuran ini dilakukan dengan jarak pengukuran dengan pengukuran sebelumnya adalah 30 menit.

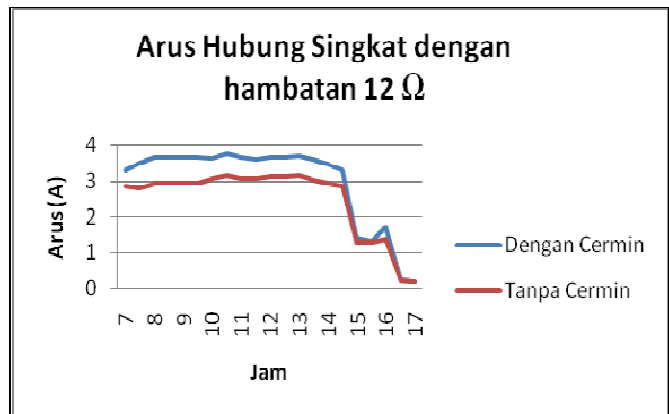
Tabel 4.4. Pengukuran *Solar Cell* pada tanggal 29 juli 2010

Jam	Voc dengan cermin (V)	Isc dengan cermin (A)	Voc tanpa cermin (V)	Isc tanpa cermin (A)
07.00	20.4	3.30	20.40	2.85
07.30	20.2	3.50	20.30	2.80
08.00	19.43	3.66	19.46	2.93
08.30	19.43	3.66	19.46	2.93
09.00	19.43	3.66	19.46	2.93
09.30	19.43	3.66	19.45	2.93
10.00	19.43	3.65	19.46	3.07
10.30	19.66	3.77	19.46	3.16
11.00	19.36	3.67	19.27	3.07
11.30	19.80	3.60	19.21	3.07
12.00	19.80	3.67	19.80	3.12
12.30	19.95	3.67	19.80	3.14
13.00	20.20	3.70	19.89	3.16
13.30	19.80	3.60	19.80	3.02
14.00	19.74	3.45	19.60	2.93
14.30	19.99	3.29	19.99	2.87
15.00	18.80	1.40	18.6	1.26
15.30	18.30	1.30	18.18	1.26
16.00	20.50	1.70	19.91	1.37
16.30	17.91	0.21	17.89	0.21
17.00	16.01	0.19	16.80	0.19

Dari tabel pengukuran di atas, jika di petakan kedalam grafik menjadi seperti berikut:



Gambar 4.11. Grafik respon tegangan penjejak terhadap waktu.



Gambar 4.12. Grafik respon arus hubung singkat penjejak terhadap waktu.

Dari gambar 4.11. Dapat dilihat bahwa dengan menggunakan cermin atau tanpa menggunakan cermin tegangan output yang dihasilkan akan cenderung sama, selisih tegangan saat panel surya dipasang pemantul atau tidak tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Akan tetapi jika dilihat dari segi arus *short circuit* yang ditunjukkan pada gambar 4.12. maka terlihat ada lonjakan arus yang signifikan terjadi saat pukul 7.00 sampai dengan pukul 14.00. sedangkan setelah jam 14.00, keadaan cuaca menjadi berawan dan penjejak mencapai sudut maksimal penjejakannya sekitar pukul 15.30. sehingga data setelah waktu tersebut tidak lagi valid.

Berikut adalah tabel pengukuran tegangan keluaran sistem penjejak matahari selama beberapa hari:

Tabel 4.5. Hasil pengukuran uji integrasi sistem secara keseluruhan.

#### IV KESIMPULAN

Setelah dilakukan suatu proses pembuatan dan perencanaan, maka secara keseluruhan rangkaian perangkat keras yang telah diuji, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan penjejak matahari dan pemantulan cahaya matahari dapat meningkatkan intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya, sehingga daya rata-rata yang dihasilkan bisa meningkat 17.93 %.
2. Peningkatan tegangan tanpa beban dengan metode penjejakan dan pemantulan cahaya matahari tidak terlalu signifikan yaitu antara 0 Volt sampai dengan 1 Volt, atau sekitar 0% sampai dengan 5% dari tegangan tanpa pemantulan dan penjejakan.
3. Peningkatan arus hubung singkat dengan metode penjejakan dan pemantulan adalah sekitar 0 Ampere sampai dengan 0.61 Ampere, atau sekitar 0% sampai dengan 19.30% dari arus hubung singkat maksimum tanpa penjejakan.
4. Pemasangan sensor-sensor cahaya yang ditempatkan pada titik yang berdekatan dengan sensor lainnya menyebabkan kesalahan pembacaan sensor semakin kecil.
5. Algoritma *maximum power point tracking* yang dibuat menggunakan metode *Perturb and Observe* karena input yang dipakai adalah tegangan dan arus *input* dengan umpan balik tegangan keluaran yang dihasilkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] [www.suaramerdeka.com](http://www.suaramerdeka.com) diakses pada tanggal 30 April 2008.
- [2] Malvino, 1992, Prinsip-prinsip Elektronika, Jakarta, Erlangga.
- [3] Santoso, Danny M. 2003, Artikel Sel Surya, Jakarta, NN.
- [4] Yulianto, Brian, 2009, Artikel Iptek, [www.rsc.org/chemistryworld](http://www.rsc.org/chemistryworld) diakses tanggal 9 juli 2009.
- [5] Rashid, H.M., 1999, Power Electronics Circuits, Devices, and Applications, New Delhi Prentice Hall.
- [6] Zuhail, 2004, Prinsip Dasar Elektroteknik, Jakarta, PT. Gramedia pustaka utama.
- [7] Charais, John , 2008, Maximum Power Solar Converter , Amerika, Microchip Technology Inc.
- [8] <http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp?vnomor=18&mnorutisi=8> diakses tanggal 4 Agustus 2009.
- [9] Lorenzo, Eduardo. 1994. Solar Electricity, Engineering of Photovoltaic Systems. Institute of Solar Energy. Polytechnic University of Madrid.
- [10] Mousazadeh, Hossein, 2009, A Review of Principle and Sun-Tracking Methods for Maximizing Solar Systems Output, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tehran.
- [11] Coughlin, Robert F., 1994, Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear, Jakarta, Erlangga.

[12] <http://digilib.unnes.ac.id/gsd/collect/skripsi/archives/HASH6d95.dir/doc.pdf> diakses tanggal 15 juli 2010.